

복수 사이편을 이용한 중량생산용 콩나물 자동재배기 개발

김중만[†] · 백승화* · 최용배 · 김형욱

원광대학교 생물환경과학부

*충북도립옥천대학 식품공업과

Development of Automatic Soybean Sprouting Equipment for Medium Amount Production by Using Multiple Siphons

Joong-Man Kim[†], Seung-hwa Baek*, Yong-Bae Choi and Hyeong-Uk Kim

Division of Bio-environmental Science and Agricultural Chemistry, Wonkwang University,
Jeonbuk 570-749, Korea

*Dept. of Food Engineering, Chungbuk Provincial Okchon College, Okchon 373-210, Korea

Abstract

To develop the soybean sprouting equipment(a type of cabinet) for medium amount(one bucket; 10~13kg) production of soybean sprouts, the watering system was made of four siphons and four the bottle-necked water tank. Diameter of four siphons used for development of the watering system were 8, 13, 17 and 21mm, respectively and their water exhausting volumes were 40, 92, 154, 524ml/sec, respectively. The watering system can be automatically watered 524ml/sec without electric supply. The soybean sprouting equipment is consisted of four the bottle-necked water tanks with the four siphons and six sprouting buckets with net-shaped bottom for water draining. The soybean sprouting equipment with the watering system may be produced more than one box a day in the condition of 6~7 watering times a day at 25~30°C.

Key words: soybean sprout, siphon, watering system, soybean sprouting equipment

서 론

콩나물은 재배, 영양 및 기능면에서 장점이 많아 우리의 만년 건강 식품으로 충분한 가치가 있는 식품이기 때문에 콩나물의 영양과 위생적인 질은 국민의 영양과 건강에 중요한 영향(1)을 미칠 수 있다. 최근 유해 물질을 사용해서 재배한 콩나물의 빈번한 적발로 콩나물을 자체에서 위생적으로 재배하여 소비하는 필요성이 커지고 있는 실정이다.

그간 소형 가정용 콩나물 재배기는 몇 가지 개발되어 보급단계에 있으나 불특정 다수가 이용하는 대중음식점이나 단체급식소에서 필요한 1일 1통(10~13kg)을 생산할 수 있는 콩나물 자동재배기의 개발과 보급은 매우 미미한 실정이다. 콩나물 자동재배기에 있어서 가장 중요한 기능은 자동수주기능인데 현재 콩나물 재배기에 활용되고 있는 수주방식은 크게 나누어 소형 수증펌프 방식, 습지 방식, 두레박 공급방식과 필자가 고안한 단식 사이편 방식 등으로 분류(2)할 수 있다. 콩나물 재배기의 수주 방식에서 요구되는 바람직한 기능은 무전력, 자동성, 사

위식이면서 수주의 지속성이 중요하다고 볼 때 사이편 원리를 이용한 수주 방식이 가장 유용한 수주 방식으로 판단된다. 그러나 단식 사이편 현상을 활용하는 가정용 재배기로는 대중음식점이나 단체 급식소에서 하루에 필요한 양을 자급 생산할 수 없는 제한성이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 자동수주장치와 입체적인 재배 시스템으로 구성된 콩나물 재배기 개발이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 일차적 연구(2)를 바탕으로 중량 재배가 가능하고 국가가 공인한 수돗물이나 지하수를 이용해서 위생적이며 손쉽게 콩나물을 자동 재배할 수 있으면서 중량(1일 1통) 생산이 가능한 콩나물 재배기 개발에 목적을 두고 콩나물 재배기의 수주시스템을 확립하였기에 그 결과를 보고한다.

재료 및 방법

사이편

사이편 I, II, III, IV는 초자관을 사용해서 제작하였는

[†]To whom all correspondence should be addressed

데 그 모양과 명칭은 Fig. 1과 같다. 사이펀 크기(내직경, 장길이×단길이×폭)는 각각 \varnothing 8mm와 100×80×25mm, \varnothing 13mm와 125×105×30mm, \varnothing 17mm와 130×110×35mm, \varnothing 21mm와 235×200×40mm이었다.

저수조

저수조는 두께 5mm 아크릴로 제작하였는데 저수조 상부가 병목형이고 크기가 각각 다른 사각형 저수조에 크기가 다른 I, II, III, IV 사이펀이 순서대로 각각 내설된 저수조 I', II', III', IV'를 직렬로 연결하여 자동 수주장치를 구성하였다.

재배통과 분수관

시중에서 판매하는 재배통은 바닥이 그물모양으로 뚫린 사각 형태인데 본 재배통은 이것을 2조 3단으로 조합해서 사용했다. 재배통의 크기는 26×26×30cm이다.

분수관은 2mm구멍이 156개가 뚫린 것으로 크기는 25.5×25.2×5cm인 것을 사용하였다. 분수관은 2분지관으로 직경이 각 15mm이며 IV사이펀에 연결되었다.

재배기 구성

본 실험에 사용된 재배기는 밑면에 배수구와 상부에 수도관이 연결된 65×142×40cm의 스텔레스 캐비닛에 사이펀이 내설된 저수조 4개, 분수관, 분수통 6개 및 재배통 6개로 구성되었다.

재배원료 및 조건

원료콩은 98년산 은하콩, 재배수는 원광대학교 실험실 수돗물(20±1°C), 1통당 원료콩 치상량은 1kg, 재배온도는 25°C, 수주횟수는 1일 7~8회였다.

물의 용량

물방울의 용량은 microsyringer로, 줄기물의 용량은

messcylinder로 측정하였다.

결과 및 고찰

사이펀 현상의 원리와 저수조의 병목화

본 재배기의 수주체계의 기본원리는 사이펀 현상을 이용한 것으로서 Fig. 1과 같이 일정 크기의 역 U자관(S)이 각각 다른 크기의 수조에 내설되는데 사이펀의 흡입구(S)은 저수조 I', II', III'의 경우는 바닥에서 약 1~2cm 저수조 IV'경우는 10cm 떨어지게 하였다. Fig. 1의 저수조에 물이 공급되면 사이펀의 수위가 L수위에서 L''를 거쳐 만관 상태로 사이펀의 최정점(L'')에 도달되면 이때부터 중력에 의해서 저수조내의 물은 흡입구(S)로 흡입되어 배출구(S')로 배출되는 사이펀 현상이 일어나 수위 L''로부터 L수위로 낮아질 때까지 자연스럽게 계속된다.

사이펀 현상이 일어나는 횟수는 공급수 양에 비례한다. 만일 공급수 양이 적량보다 많으면 사이펀 현상은 자주 발생되지만 물의 낭비가 따르고, 수주 간격 조절이 어렵게 되기 때문에 가능하면 점적수 같은 소량의 공급수로 사이펀 현상이 일어나도록 사이펀과 저수조의 크기를 알맞게 정하는 것이 중요하다.

사이펀 현상은 일정 수량이 공급될 때 사이펀의 직경 크기가 작을수록 그리고 Fig. 1에서와 같이 사이펀이 내설된 저수조의 상부가 A→A', B→B', C→C'로 좁아질수록 즉, 병목 형태(e-f-d)일 때 수위 상승이 획기적으로 개선되어 적은 양의 공급수로 주기성 있는 사이펀 현상이 일어나게 되었다.

사이펀 내경의 크기와 배출량

본 실험에 사용된 사이펀의 크기에 따른 초당 배출량은 Table 1과 같다.

사이펀 I, II, III, IV의 직경은 각각 8, 13, 17, 21mm 배수량은 각각 40.3, 92.0, 154.7, 524 ml/sec로 4번째 사이펀에서 초당 약 524ml가 배출되어 대략 6통을 재배할 수 있는 수주 시스템이다.

저수조의 크기, 용량 및 1회 총배출량

사이펀 I, II, III, IV가 내설된 저수조 I', II', III', IV'의

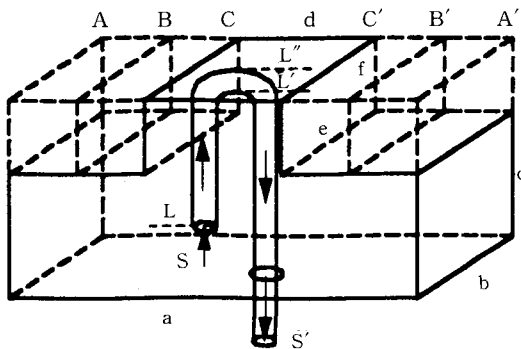


Fig. 1. Siphon principles and the siphon in the bottle-necked water tank.
S: Suction hole, S': Exhasuting hole, →: direction of water flow.

Table 1. Comparison in exhausting water volume at various size of siphon

Siphon	Diameter ¹⁾ (\varnothing mm)	Exhausting amount ²⁾ (ml/sec)
I	8	40.3
II	13	92.0
III	17	154.7
IV	21	524.0

¹⁾Internal diameter

²⁾Values are means of triplicate measurements.

크기는 1회 수주량을 제한한다. 4개의 저수조 각각의 크기에 따른 용량 및 1회 배출량은 Table 2와 같다.

I', II', III', IV' 저수조의 용량은 각각 912, 1,200, 1,284, 41,880ml로 1회 최대 배출량은 저수조의 총용량보다 약간 적은 732, 1,020, 1,104, 38,922ml로 배출이 가능하지만 최저 수위까지 배출시키면 중력에 의한 수압이 낮아져 배출 후기에 배출량이 적어 고른 수주가 안되므로 IV'사이편의 흡입단면을 저수조 바닥보다 10cm 정도 높게 위치시키면 후기에 수압이 낮아 배출량이 적어 수주량이 부족하게 되는 것을 해결할 수 있었고 동시에 수주 횟수를 늘릴 수 있으며 고여 있는 물의 수온 변화도 심하지 않게 되는 효과가 있다.

시간당 물 공급량에 따른 수주횟수

단위 시간당 일정량의 물이 재배통에 공급되는 수주 횟수는 수주의 자동화와 재배조건의 최적화의 관건으로 물 공급량에 따른 수주 횟수를 조사한 결과는 Table 3과 같다.

수주 횟수는 저수조의 크기가 고정되어 있기 때문에 제 1저수조(I')에 공급되는 급수량에 따라서 다르다. 1분간 급수량이 90방울(9.45ml/min), 360방울(37.8ml/min), 905방울(95ml/min), 1,440방울(151.2ml/min)일 때 1일 수주 횟수는 각각 0.56, 2.25, 5.67, 9.02회 가능하다.

본 재배기는 물 공급량을 분당 각각 95, 130ml 공급하면 각각 1일 5, 8회 수주할 수 있다. 수주 횟수는 단순히 수분 공급 효과 뿐만 아니라 미생물 오염 밀도 감소, 공기

치환으로 산소를 공급하고 탄산가스를 제거해 줘 재배조건의 최적화에 필수조건이 된다(2,3).

재배수 수주 횟수는 5~8회가 권장되고 있으나(3,4) 일반적으로 재배 온도가 높고 수주 횟수가 많을수록 생육 속도가 높다(3-6). 본 재배기는 물 공급량을 분당 95~130ml 공급하면 무인력 무전력으로 1일에 5~8회 수주할 수 있다.

재배기의 구성

본 재배기는 4개의 사이편, 4개의 저수조, 6개의 재배통과 6개의 분수판, 급수 파이프와 배수구가 있는 캐비닛으로 구성되었으며 그 투시도는 Fig. 2와 같다.

물이 수도꼭지(WP)에서 공급되어 제 1사이편이 내설된 저수조에 물이 채워져 일정 수위에 이르면 사이편 현상이 일어나게 되는데 제 I 사이편에 사이편 현상만 주기적으로 일으키면 제 II, III에서도 사이편 현상이 연동적으로 일어나 저수조(IV')에 물이 고인다. 제 IV' 저수조에서는 물이 여러번 모아져 사이편 상층 수위(L'')에 이르면 사이편 현상이 발현되는데 IV' 저수조에서 배출된 재배수는 2가지 분수관(WP)을 통해 2조 3단으로 구성된 최상단 재배통내의 분수판에 각각 떨어져 직선으로 유하되어 각조의 B, B', B''와 B, B', B'' 재배통을 순서대로 통과한 물은 중력으로 배수구(D)를 통해서 배수된다.

Table 2. Size of water tank and it's exhausting volume

Water tank	Size(cm)						Capacity (ml)	Exhausting amount ¹⁾ (ml)
	a	b	c	d	e	f		
I'	20	6	6	8	6	4	912	732
II'	20	6	8	8	6	5	1,200	1,020
III'	20	6	8	9	6	6	1,284	1,104
IV'	43.5	34	18	13	6	6	41,880	38,922

Height of suction hole(S) from bottom of water tank(IV'): 2cm.

¹⁾Values are means of triplicate measurements.

Table 3. Watering times a day by water supplying amount/min

Watering volume ¹⁾ (ml/min)	Watering times/day
9.45(90 drops)	0.56
18.9 (180 drops)	1.13
37.8 (360 drops)	2.25
75.6 (720 drops)	4.51
95.0 (905 drops)	5.67
130.0 (1,238 drops)	7.76
151.2 (1,440 drops)	9.02
302.4 (2,880 drops)	18.04

() : Volume of a drop water: 0.105ml.

¹⁾Values are means of triplicate measurements.

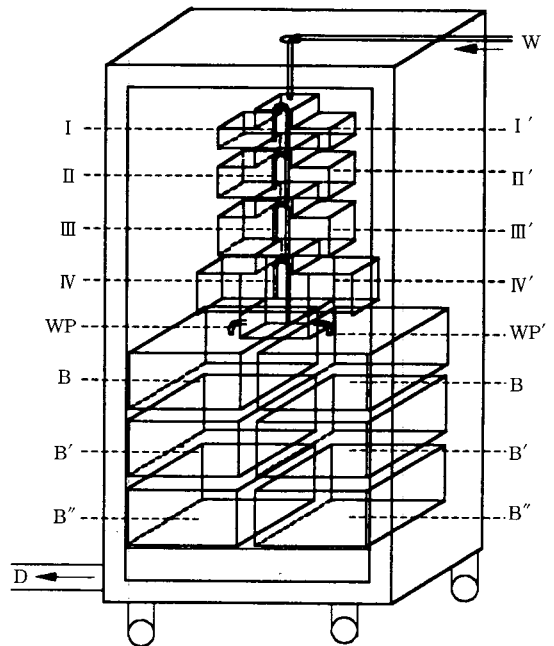


Fig. 2. Perspective view of the soybean sprouting equipment.
W: Water supply pipe, I, II, III, IV: Siphon, I', II', III', IV': Water tank, B, B', B'': Sprouting bucket, WP: Water pipe, D: Drain pipe.

Table 4. Number of sprouting box cultured at various siphon size

Siphon and water tank	Culturing step and number of sprouting box		
	1st step	2nd step	3rd step
I + I'	<1	<1	<1
II + II'	<1	<1	<1
III + III'	1	1	1
IV + IV'	2	2	2

사이펀 크기에 따른 재배가능 통수

사이펀 I, II, III, IV와 저수조 I', II', III', IV'로 구성된 수주 시스템으로 재배 가능량(통수)을 조사한 결과를 Table 4와 같다.

사이펀 I, II, III, IV와 저수조 I', II', III', IV'로 조합된 경우 재배 가능량(통수)은 재배온도나 목적하는 콩나물 길이에 따라서 다르지만 IV + IV' 저수조의 배출량을 2분해서 한 분수관에 250ml/sec가 배출되므로 콩나물통을 2조 3단의 직렬로 재배할 경우 한 번에 재배통 6개를 치상할 수 있다. 또한 매일 한 통씩 불린 콩을 재배통에 치상하면 1일 1통 정도(약 10~13kg) 생산이 가능하다.

본 재배기는 재배온도가 20°C일 경우 콩나물의 길이를 6~8cm로 하루에 약 1통, 25°C일 경우 1~1.5통, 30°C일 경우 2통의 생산이 가능하게 된다.

요 약

본 재배기는 불특정 다수인이 이용하는 대중음식점이나 각급 학교 및 직장, 군부대 등의 단체급식소에서 하루에 필요한 콩나물량 약 1통(10~30kg) 재배가 가능한 무인력, 무동력 콩나물 자동재배기 수주시스템을 개발하는

데 목적을 두었다. 직경의 크기가 다른 사이펀 I(Ø8mm), II(Ø13mm), III(Ø17mm), IV(Ø21mm)가 병목구조인 저수조 I', II', III', IV'에 각각 내설된 저수조를 직렬로 연결해서 IV' 저수조로부터 재배수 배출량이 초당 524 ml, 1회 수주량을 약 38,922ml씩 자동적으로 수주할 수 있는 수주시스템을 확립하였다. 이때 사용한 각 저수조는 상층부를 병목모양으로 구성시킴으로써 적은 양의 물로 사이펀 현상이 일어났고 수주간격 조절, 자동수주기능을 발휘 할 수 있다. 이 수주시스템은 수도수만 있으면 무인력, 무동력의 자동재배가 가능하고 고장이 없는 재배기 구성이 가능하다. 이상의 수주 시스템으로 구성된 콩나물 재배기는 2조 3단 즉 6개의 재배통에 하루씩 시차를 두어 불린 콩을 상치하면 1일 1통 정도 콩나물을 자동생산할 수 있다.

문 헌

1. Kim, J. M. : Properties and merits of a perpetual food of soybean. *Korea Soybean Society News*, **42**, 2-3(1998)
2. Kim, J. M., Choi, Y. B. and Yang, D. K. : Development of soybean sprouter using principles of siphoning. *Korean J. Food Sci. Technol.*, **29**, 460-463(1997)
3. Kim, G. H. : Science of soybean and soybean curd. KIST, pp.191-193(1982)
4. IFSTA : Fundamental principles of science applied to the fire service. *IFSTA*, pp.55-56(1967)
5. Tajiri, T. : Suitable harvest time in reference to the change of nutritional component during cultivation of bean sprouts. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, **28**, 79-84(1981)
6. Liu, K. : *Soybeans chemistry, technology and utilization*. Chapman & Hall, pp.205-207(1997)

(1999년 5월 21일 접수)